

Etude de potentiel des infrastructures de transport de CO₂ dans les Hauts-de-France

Juil.
2025



AAP ZIBAC -

La stratégie CCUS (captage, stockage et valorisation du CO₂) de la France publiée en juillet 2024 décline la mise en œuvre de chaînes de valeur de captage et transport et stockage de CO₂ sur des zones identifiées comme clé et prioritaires. La zone de Dunkerque et la région des Hauts-de-France en font partie. Si des projets de chaînes de transport de CO₂ sont à l'étude sur la zone de Dunkerque, qui concentre la majorité des émissions de CO₂ de la région Hauts-de-France, à ce jour les perspectives de développement d'infrastructures de transport de CO₂ à une maille régionale élargie aux Hauts-de-France n'ont pas été évaluées.

Cette étude a donc pour objectif d'éclairer les pouvoirs publics et acteurs industriels sur l'opportunité de mise en œuvre de solutions de captage et stockage (par export depuis Dunkerque) ou de valorisation de CO₂ à une maille élargie à la région Hauts-de-France compte tenu du développement d'un hub d'export et de valorisation de CO₂ initié à Dunkerque.

Pour cela, elle inclut une analyse territoriale approfondie des sources d'émissions, une modélisation prospective des volumes de CO₂ à l'horizon 2050, et une évaluation des infrastructures de transport de CO₂ envisageable pour la mise en œuvre des chaînes de valeur de captage, transport et stockage du carbone (CCUS).

En seconde phase, elle propose une vision stratégique pour le développement d'un réseau de canalisations régional de transport de CO₂, en tenant compte des enjeux économiques, techniques et territoriaux. Elle inclut la vision du potentiel d'incorporation de CO₂ biogénique.

Evaluation et confirmation du besoin de transport de CO2 dans les Hauts-de-France

L'étude se concentre tout d'abord en première phase sur la caractérisation des sources d'émissions, la définition d'une méthodologie de projection, et la simulation de scénarios de transition énergétique basés sur les travaux de l'ADEME. L'objectif est d'identifier les secteurs et les sites industriels les plus pertinents pour le déploiement de solutions CCUS dans les Hauts-de-France.

Etat des lieux des émissions de CO2

Les émissions de CO₂ fossile dans les Hauts-de-France ont diminué de 40 % entre 2005 et 2023, atteignant environ 15 Mt/an en 2022. Cette année est retenue comme référence pour les projections, car elle correspond à la dernière année disponible dans les bases IREP et SEQE-EU. La répartition sectorielle montre que deux secteurs concentrent plus de 60 % des émissions régionales :

- Production de métaux ferreux : 32 %
- Production d'énergie : 31 %

D'autres secteurs significatifs incluent l'agroalimentaire (10 %), les minéraux non métalliques (7 %), la valorisation des déchets (7 %), la fabrication du verre (4 %), la chimie (3 %), et la production de métaux non ferreux (3 %).

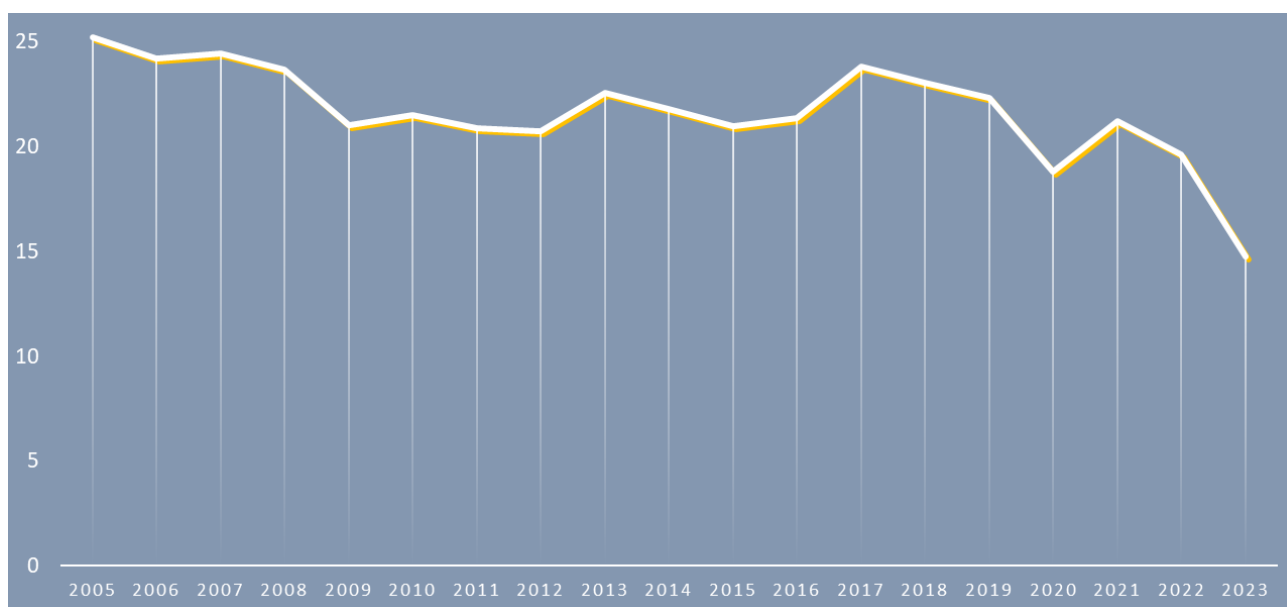


Figure 1- Evolution des émissions de CO₂ fossile, depuis 2005 Hauts-de-France (en Mt CO₂)

Etat des lieux des émissions de CO2

Les émissions industrielles de CO₂ des Hauts-de-France se caractérisent par une concentration dans la zone Dunkerquoise qui représente 51 % des émissions régionales, avec 11,5 Mt CO₂ en 2022, dont 90 % proviennent des sites Engie DK6 et ArcelorMittal. 49% des autres émissions dans les Hauts-de-France sont réparties et diffuses dans la région. Cette concentration géographique et l'aspect diffus des autres émissions est un facteur clé pour la planification des infrastructures de transport.

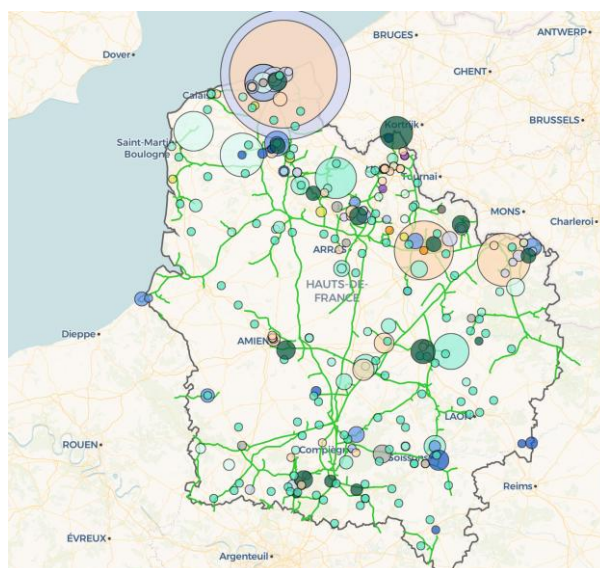


Figure 2- Répartition des émissions dans les Hauts-France.

Les émissions de CO₂ biogéniques sont aussi cartographiées et évaluées par secteur. Le CO₂ biogénique est significatif dans les secteurs de la méthanisation, des sites d'enfouissement et d'incinération. Il représente une opportunité pour des solutions d'élimination directe du carbone (EDC, ou carbon removal), notamment via le BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage).

Secteurs d'activité	Emissions totales tCO ₂ /an	% Emissions totales	Emissions Fossiles tCO ₂ /an	% Fossile	Emissions Biogéniques tCO ₂ /an	% Biogénique	Emissions Minérales tCO ₂ /an	% Minérale
Production de métaux ferreux	7 146 648	32%	7 146 648	37%	0		0	
Production d'énergie	6 992 223	31%	6 569 623	34%	422 600	19%	0	
Agroalimentaire	2 366 083	10%	2 084 883	11%	281 200	13%	0	
Minéraux non métalliques	1 555 571	7%	509 081	3%	72 900		973 590	87%
Valorisation	1 518 900	7%	681 086	4%	842 214	38%	0	
Fabrication du verre	792 148	4%	646 326	3%	0		145 822	13%
Chimie	691 145	3%	691 145	4%	0		0	
Production de métaux non ferreux	592 602	3%	592 602	3%	0		0	
Production de papier ou de carton	409 005	2%	244 405	1%	164 600	7%	0	
Méthanisation	326 707	1%	0		326 707	15%	0	
Site d'enfouissement	103 100	0,5%	0		103 100	5%	0	
Industrie automobile	58 466	0,3%	58 466	0%	0		0	
Pharmaceutique	6 608	0,0%	6 608	0%	0		0	
Service informatique	82	0,0%	82	0%	0		0	
Total général	22 559 288		19 230 954		2 213 321		1 119 413	
% Total			85%		10%		5%	

Figure 3- Répartition des secteurs d'activités, par type d'émission CO₂ en 2022

Méthodologie de projection des émissions à 2050

La projection des émissions repose sur les scénarios de transition énergétique de l'ADEME (Transition(s) 2050), transposés à l'échelle régionale :

- **Scénario 1 – Génération frugale** : sobriété énergétique, forte baisse de la demande.
- **Scénario 2 – Coopérations territoriales** : recyclage, biomasse, efficacité énergétique.
- **Scénario 3 – Technologies vertes** : innovation, électrification, hydrogène, CCU.
- **Scénario 4 – Pari réparateur** : captage et stockage géologique, forte électrification.

Les scénarios 3 et 4 ont été retenus pour les projections, car ils intègrent le CCUS comme levier majeur de décarbonation.

Les volumes d'émissions sont projetés pour 2030, 2040 et 2050, en croisant :

- Évolution de la production industrielle
- Progrès en efficacité énergétique
- Taux d'électrification
- Verdissement du réseau de gaz

Des hypothèses spécifiques sont appliquées selon les secteurs (intentionnalité de mise en œuvre de captage de CO₂), grandes catégories de sites industriels et les technologies disponibles (facilité de captage), confrontées aux entretiens avec des acteurs clés industriels rencontrés dans le cadre de l'étude.

Les industriels interrogés affichent des objectifs de réduction d'émissions ambitieux, allant de 10 à 50% d'ici 2030. Cependant, ils expriment un manque de visibilité sur le coût de la tonne de CO₂ et sur la rentabilité des solutions CCUS. Le CCUS est souvent envisagé comme solution de dernier recours pour les émissions incompressibles, avec des freins liés à l'incertitude économique, la disponibilité foncière et énergétique, et la complexité réglementaire.

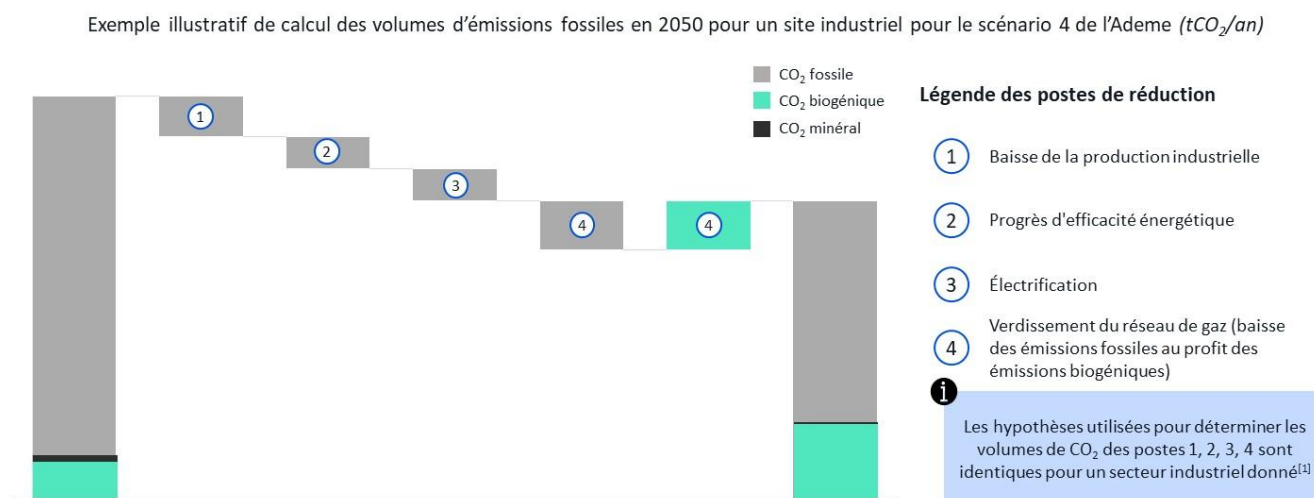


Figure 4- Exemple de calcul des volumes d'émissions fossiles en 2050 pour un site industriel

Résultat de la projection

Les projections montrent une **réduction significative des émissions fossiles** :

- **Scénario 3** : 4,4 Mt CO₂/An en 2050 correspondant division par 4 des émissions industrielles fossiles d'ici 2050.
- **Scénario 4** : 11,2 Mt CO₂/an correspondant à une réduction de 41 % sur la même période.

Elles montrent aussi que les volumes de CO₂ fossile des Hauts-de-France seraient supérieurs à 4 Mt/an en 2050 ce qui justifie le déploiement du CCS, quel que soit le scénario considéré.

L'exercice de projection met en lumière la forte croissance des volumes de CO₂ biogénique en lien avec les efforts de décarbonation du territoire. Le **CO₂ biogénique** représente une part croissante des émissions totales :

- 73 % en 2050 dans le scénario 3
- 50 % dans le scénario 4

De plus, dans les deux scénarii, près de la moitié des émissions fossiles en 2050 seraient localisées dans l'hinterland (en dehors de la Zip de Dunkerque), ce qui légitime de réfléchir à une infrastructure de transport de CO₂ dans les Hauts-de-France.

Les **principaux émetteurs** en 2050 restent concentrés dans les clusters industriels de Dunkerque, Bouchain, Maubeuge, MEL (Métropole de Lille) et Saint-Omer.

Des **clusters secondaires** (Arras, Compiègne, Soissons, etc.) présentent des volumes plus faibles mais pourraient être stratégiques pour la **mutualisation des infrastructures**.

Les **infrastructures de transport pourraient connecter les points d'émissions biogéniques qui représentent un potentiel de déploiement de l'élimination directe du carbone (EDC)**. En effet, la proximité des émissions biogéniques et fossiles favorise la mutualisation des infrastructures de collecte. Dans le cadre du scénario 4, le volume de CO₂ biogénique est cependant plus réduit et pose davantage la question de la pertinence des synergies de collecte.

Identification et description de 2 scénarios de déploiement de réseau de canalisations CO₂

Afin d'identifier les sites les plus pertinents pour un raccordement à un réseau de CO₂, une approche par cluster a été adoptée, l'exercice de projection des volumes d'émission de CO₂ dégageant ainsi 18 clusters (20km de diamètre et de +100ktCO₂/an d'émissions en 2050), plus ou moins importants en termes de volumes d'émissions.

Ces 18 clusters regroupent en cumulé 123 sites (45% des sites des Hauts-de-France) et concentrent plus de 72% des émissions du territoire. Les 28% restant sont des sites plus éloignés, avec donc des émissions plus diffuses sur le territoire.

Scénario optimiste, ou « potentiel maximal »

Il apparaît qu'une infrastructure de transport de CO₂ structurée autour d'une dorsale principale et du canal Seine Nord permettrait de desservir de nombreux clusters : **la construction d'une unique dorsale reliant plusieurs sites alignés permet de mutualiser des coûts de transport.**

Le pipeline est la solution qui présente le moins d'enjeux opérationnels pour transporter les importants volumes d'émissions de CO₂ du nord des Hauts-de-France

- Le transport par route ou voie ferrée mobiliserait une flotte de camion / trains très importante
- Le transport par barge est rendu complexe par l'éloignement de certains clusters de canaux navigables

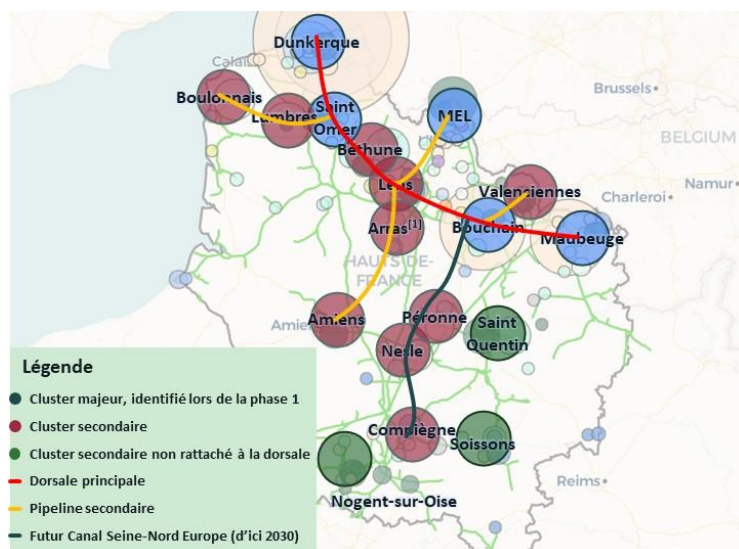
Une dorsale qui connecte les clusters principaux est donc économiquement privilégiée.

Le canal Seine-Nord Europe offre en outre une solution logistique efficace pour acheminer le CO₂ des clusters industriels de l'Oise et de la Somme.

Ce réseau permettrait ainsi de relier 14 clusters pour lesquels :

- les coûts de captage et les coûts logistiques (raccordement à la dorsale, injection, gazéification, stockage intermédiaire, transport via la dorsale) sont estimés inférieurs à un seuil d'environ 140€/tCO₂
- il y a une intentionnalité suffisante des industriels de capter leur CO₂ (intentionnalité de captage des industriels est supérieure à 2 selon la méthode définie)

Dans une première approche, étant donné leur éloignement géographique et les défis techniques liés à une connexion au canal, un raccordement des clusters d'Amiens, Nogent-sur-Oise, Saint-Quentin et Soissons à la dorsale a été exclu.

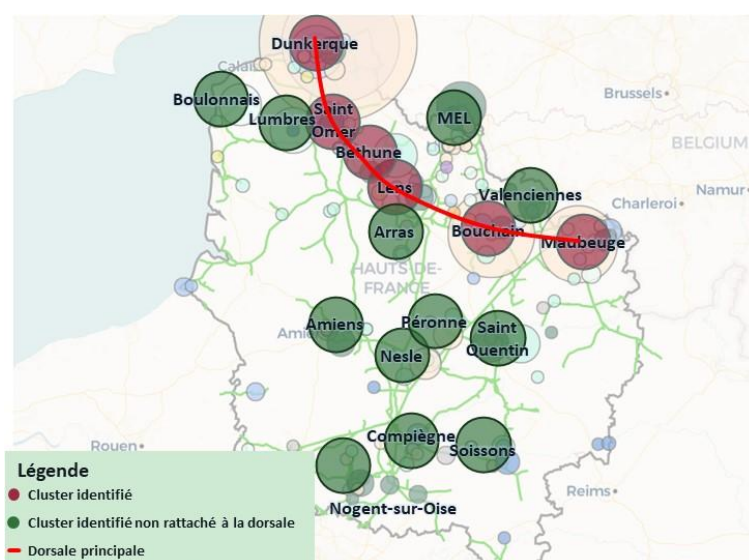


Scénario pessimiste, ou « limité »

Un scénario plus limité alternatif où les clusters non localisés sur le tracé d'une dorsale ne s'y raccordent pas peut être aussi considéré.





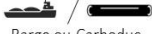








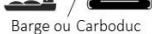
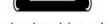

Ce scénario de déploiement limité des infrastructures CCUS correspond à un réseau qui relie uniquement les clusters situés sur le tracé de la dorsale et exclut également les clusters du Boulonnais et de Lumbres qui sont aujourd'hui directement concernés par le projet d'Artagnan.

Seuls les 5 clusters situés le long du tracé sont connectés à la dorsale, réduisant ainsi de 35 % les volumes maximaux à transporter par rapport au scénario « maximal ».



Analyse technico-économique de la chaîne captage et transport de CO2

L'analyse technico-économique distingue trois chaînes logistiques selon la localisation et la taille des sites représentés dans le tableau ci-dessous.

	Captage	Collecte	Raccordement	Transport	Exutoire	Explication
#1	 Captage			 Carboduc (dorsale) jusqu'à l'exutoire	 Stockage	Point d'injection - Cas d'un grand site émetteur issu d'un cluster sur la dorsale (Maubeuge, Bouchain, Lens, Béthune ou Saint-Omer)
#2	 Captage		 Barge ou Carboduc secondaire connecté à la dorsale	 Carboduc (dorsale) jusqu'à l'exutoire	 Stockage	Point d'accroche - Cas d'un grand site émetteur isolé, relié à un point d'injection par carboduc secondaire ou barge
#3	 Captage	 Camion		 Carboduc (dorsale) jusqu'à l'exutoire	 Stockage	Point de collecte - Cas d'un petit site émetteur issu d'un cluster sur la dorsale, relié à un point d'injection par camion
#4	 Captage	 Camion	 Barge ou Carboduc secondaire connecté à la dorsale	 Carboduc (dorsale) jusqu'à l'exutoire	 Stockage	<i>Cas non considéré⁽¹⁾</i>

Ainsi, les coûts varient en fonction de la localisation du site industriel par rapport à la dorsale et son éloignement par rapport à Dunkerque. Le captage représente la majeure partie du coût total, notamment pour les sites situés sur la dorsale principale. Le choix des technologies de captage prises en compte (lavage aux amines ou cryogénie) dépendent de la concentration du CO₂, de la maturité technologique et des contraintes énergétiques des sites.

Globalement, la part logistique de transport de CO₂ est comprise entre 5 % à 20 % du coût total.

Dans le scénario « limité », il ressort qu'avec près de 70% du CO₂ provenant de Bouchain et Maubeuge, leur rattachement à la dorsale est clé dans l'économie du transport par pipeline.

Dans le scénario « maximal », la prise en charge les quantités supplémentaires par rapport au scénario « limité » permet de réduire de 35% le coûts de transport de la partie dorsale, pouvant ainsi compenser en partie les coûts de transport nécessaires pour relier ces sites jusqu'à la dorsale.

Conclusion

Le transport du CO₂ dans les Hauts-de-France nécessitent une approche intégrée, combinant une dorsale principale, des raccords secondaires et une optimisation des coûts de captage et de transport. L'étude comparative de scénarios révèle que même si les volumes de CO₂ transportés sont limités par un faible taux de raccordement dans le scénario pessimiste (scénario « limité »), l'impact des coûts de transport sur le coût total pour l'émetteur reste marginal. Ces résultats légitiment ainsi l'investissement dans une dorsale, quelle que soit l'évolution future du raccordement des sites émetteurs.

Globalement, les scénarios prospectifs montrent que la réussite du projet dépendra de la dynamique territoriale, de l'évolution des coûts technologiques et du prix du carbone, ainsi que de la capacité à fédérer les acteurs industriels autour d'une vision commune de la décarbonation et du développement d'une infrastructure de transport mutualisée.

RÉSUMÉ

Cette étude évalue le potentiel de déploiement d'infrastructures de transport de CO₂ dans les Hauts-de-France, en s'appuyant sur un état des lieux des émissions industrielles, des projections à l'horizon 2050 fondées sur les scénarios de l'ADEME, et une analyse technico-économique des chaînes de captage et de transport.

Les résultats montrent que, malgré une baisse significative des émissions, des volumes résiduels de CO₂ fossile supérieurs à 4 Mt/an subsisteraient en 2050, justifiant le recours au captage et stockage du carbone, tandis que la hausse du CO₂ biogénique ouvre des perspectives d'élimination directe du carbone.

L'étude met en évidence la pertinence d'une infrastructure de transport mutualisée, structurée autour d'une dorsale principale reliant les principaux clusters industriels, le transport représentant une part limitée du coût total. La réussite du projet dépendra de la dynamique territoriale, de la visibilité économique et de la capacité à fédérer les acteurs industriels autour d'une trajectoire commune de décarbonation.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

CITATION DE CE RAPPORT

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.